

3-layer acceleration sensor, esp. rpm sensor

Publication number: DE19530736

Publication date: 1996-08-14

Inventor:

Applicant: BOSCH GMBH ROBERT (DE)

Classification:

- International: G01P9/04; G01P15/08; G01P15/125; G01P9/04; G01P15/08; G01P15/125; (IPC1-7): G01P15/125; G01C19/58; G01P9/00; G01P15/14

- European:

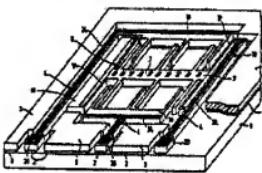
G01P15/08A; G01P15/125

Application number: DE19951030736 19950822

Priority number(s): DE19951030736 19950822; DE19951004151 19950210

[Report a data error here](#)**Abstract of DE19530736**

The sensor has conducting paths (4) electrically insulated against the third layer (3) by recesses (10). A silicon on insulation layer structure is designed as the first, second and third layers (1,2,3). A comb structure is designed as the deflectable mass, which is deflectable parallel to the surface of the third layer. The comb structure is constructed from a first longitudinal member of a frame. First plates are arranged vertical to the direction of the member. The first plates are arranged vertical to the alignment of the members. A second members (19) are aligned parallel to the first member. The second beams have plates, which are aligned vertical to the second members and in the direction to the first member.





⑩ Aktenzeichen: 195 30 736,4
⑩ Anmeldetag: 22. 8. 95
⑩ Offenlegungstag: 14. 8. 96

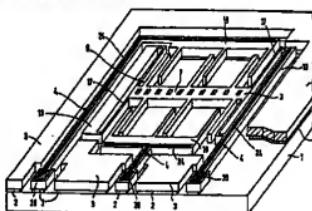
⑩ Innere Priorität: ⑩ ⑩ ⑩
10.02.95 DE 195041518

⑩ Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70468 Stuttgart, DE

⑩ Erfinder:
Erfinder wird später genannt werden

⑩ Beschleunigungssensor und Verfahren zur Herstellung eines Beschleunigungssensors

⑩ Es wird ein Beschleunigungssensor beschrieben, der aus einem Dreischichtsystem aufgebaut ist. Der Beschleunigungssensor und Leiterbahnen sind aus der dritten Schicht heraustektoriert. Die Leiterbahnen sind über Ausnehmungen gegen weitere Bereiche der dritten Schicht und über eine zweite elektrisch isolierende Schicht gegen eine erste Schicht elektrisch isoliert. Auf diese Weise wird eine einfache elektrische Kontaktierung erreicht, die aus einem Dreischichtsystem hergestrukturiert ist.



1
Beschreibung

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Beschleunigungssensor nach der Gattung des Hauptanspruchs. In der nicht vorveröffentlichten Patentanmeldung DE 44 19 844 ist ein Beschleunigungssensor beschrieben, der aus drei Schichten aufgebaut ist. Die erste Schicht dient als Tragplatte, auf der eine zweite, isolierende Schicht aufgebracht ist. Auf der zweiten isolierenden Schicht ist eine dritte Schicht aufgebracht, aus der das bewegliche Element des Beschleunigungssensors herausstrukturiert ist. Elektrische Zuleitungen sind auf der Oberseite der dritten Schicht angeordnet. Der bewegliche Teil ist durch Isolationsgräben gegen andere Bereiche der dritten Schicht isoliert. Der Beschleunigungssensor ist aus Silizium heraus strukturiert.

Vorteile der Erfindung

Der erfindungsgemäße Beschleunigungssensor mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs 1 hat dem gegenüber den Vorteil, daß der Beschleunigungssensor und die elektrischen Zuleitungen mit Hilfe eines Dreischichtsystems aufgebaut werden.

Dadurch ist das Herstellungsvorfahren besonders einfach und der Beschleunigungssensor ist somit kostengünstig herzustellen. Zur Herstellung des Beschleunigungssensors sind in einem minimalen Verfahren nur zwei Maskenschritte notwendig. Das erfindungsgemäße Verfahren mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs 8 hat demgegenüber den Vorteil, daß mit Hilfe weniger Masken und somit weniger Verarbeitungsschritten ein Beschleunigungssensor herstellbar ist. Das Verfahren ist einfach und kostengünstig.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im unabhängigen Anspruch 1 angegebenen Beschleunigungssensors und des im unabhängigen Anspruch 8 angegebenen Verfahrens zur Herstellung des Beschleunigungssensors möglich. Besonders vorteilhaft ist es, den Beschleunigungssensor aus einem Silicon-on-Isolator-Schichtsystem herausstrukturieren. Auf diese Weise werden die Vorteile des Silicon-on-Isolator (SOI)-Schichtsystems für die Herstellung des Beschleunigungssensors ausgenutzt.

Eine vorteilhafte Ausbildung des Beschleunigungssensors besteht darin, als bewegliches Element eine Kammstruktur zu verwenden, die parallel zur Oberfläche der dritten Schicht auskennt. Auf diese Weise ist es möglich, eine Kraft zu detektieren, die parallel zur Oberfläche der dritten Schicht einwirkt. Eine vorteilhafte Ausbildung des Beschleunigungssensors besteht darin, eine Kammstruktur zu verwenden, die ein bewegliches Element mit ersten Platten und zwei feststehende Elementen mit zweiten Platten aufweist. Die ersten und zweiten Platten sind so angeordnet, daß bei einer Auslenkung des beweglichen Elementes ein Teil der ersten Platten von den zweiten Platten entfernt wird und ein zweiter Teil der ersten Platten näher an die zweiten Platten herangebracht wird. Die ersten und zweiten Platten bilden Kondensatoren und bei einer Auslenkung des beweglichen Elementes ändert sich der Abstand der Platten und somit die Kapazität der Kondensatoren. Auf diese Weise werden zwei verschiedene Meßsignale erzeugt, die ausgewertet werden und somit mit einer

höheren Genauigkeit die Auslenkung des beweglichen Elementes und damit die einwirkende Kraft oder Beschleunigung errechnet wird.

Die Leitfähigkeit der Leiterbahnen wird in vorteilhafter Weise dadurch verbessert, daß leitende Schichten in Form von Bondpads und Zuleitungen auf die Leiterbahnen aufgebracht werden.

Eine bevorzugte Anwendung des Beschleunigungssensors besteht darin, den Beschleunigungssensor auf einem Schwingsystem einer Drehratensensor aufzubauen und somit einen Drehratensensor entsprechend dem unabhängigen Anspruch 12 auszubilden. Dadurch wird die Herstellung des Drehratensensors vereinfacht, da das Schwingsystem und der Beschleunigungssensor aus einem Dreischichtsystem herausstrukturiert werden. Eine vorteilhafte Weiterbildung des Beschleunigungssensors, der auf einem Drehratensensor aufgebaut ist, besteht darin, die Leiterbahnen bis in den nahen Bereich des Drehratensensors zu führen, in dem das Schwingsystem auskenntbar aufgehängt ist.

Eine vorteilhafte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß zuerst die Strukturierung der Leiterbahnen bzw. der Leiterbahnen und der Aufhängungen erfolgt und daß anschließend das bewegliche Element des Beschleunigungssensors, insbesondere eine Kammstruktur aus der dritten Schicht herausstrukturiert wird. Dadurch wird verhindert, daß auf die Kammstruktur eine Abdeckschicht aufgebracht werden muß, die anschließend nur schwer zu entfernen ist.

Eine Verbesserung des beschriebenen Verfahrens besteht darin, daß auf der ersten Schicht eine Passivierungsschicht aufgebracht wird. Zusätzlich ist es von Vorteil, die Passivierungsschicht im Bereich des Schwingsystems abzutragen und die erste Schicht bis auf eine vorgegebene Dicke abzutragen.

Zeichnung

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 einen Beschleunigungssensor,

Fig. 2 einen Drehratensensor,

Fig. 3 ein erstes Verfahren

Fig. 4 ein zweites Verfahren zur Herstellung eines Beschleunigungssensors bzw. eines Drehratensensors, und

Fig. 5 und 6 weitere Verfahren zur Herstellung von Drehratensensoren.

50
Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Fig. 1 zeigt einen Beschleunigungssensor 6, der aus einem Dreischichtsystem aufgebaut ist. In diesem Ausführungsbeispiel wird ein Silicon-on-Isolator (SOI)-Schichtsystem verwendet. Es sind jedoch auch andere Dreischichtsysteme denkbar, wobei die oberste Schicht strukturierbar und die mittlere Schicht strukturierbar und lateral abtastbar und isolierend sein muß.

Als Tragplatte wird eine erste Schicht 1 verwendet, die aus Silizium gebildet ist. Auf der ersten Schicht 1 ist eine zweite Schicht 2, die aus Siliziumoxid gebildet ist, aufgebracht. Die dritte Schicht besteht ebenfalls aus Silizium. In der Mitte der dritten Schicht 3 ist eine auskenbare Masse 7 herausstrukturiert, die aus einem länglichen Träger besteht, der an beiden Längsseiten jeweils drei Platten aufweist. Die Platten sind senkrecht zur Längsrichtung des Trägers angeordnet. Die auskenbare

Mass 7 ist an jedem Ende über jeweils einen Biegesteif 17 mit einer Halterung 18 in Längsrichtung des Trägers auslenkbar verbunden. Die Halterungen 18 sind über die zweite Schicht 2 mit der ersten Schicht 1 fest verbunden. Unter der auslenkbaren Masse 7 und den Biegesteif 17 ist die zweite Schicht 2 entfernt. Dies erfolgt bei SiO_2 mittels Atzverfahren. Diese Ausgestaltung der auslenkbaren Masse entspricht der DE 44 19 844.

Parallel zum Träger der auslenkbaren Masse 7 ist jeweils ein länglicher Haltebalken 19 aus der dritten Schicht 3 herausstrukturiert, der drei Platten aufweist, die senkrecht in Richtung auf den Träger der auslenkbaren Masse 7 ausgerichtet sind. Die Haltebalken 19 sind über die zweite Schicht 2 fest mit der ersten Schicht 1 verbunden. Die Platten eines Haltebalkens 19 sind jeweils auf der rechten Seite der Platten der auslenkbaren Masse 7 angeordnet. Die Platten des anderen Haltebalkens 19 sind jeweils auf der linken Seite der Platten der auslenkbaren Masse 7 angeordnet. Wird nun die auslenkbare Masse 7 ausgelenkt, so verkleinern sich die Abstände zwischen den Platten, die auf einer Seite der auslenkbaren Masse 7 angeordnet sind, und den Platten eines Haltebalkens und zugleich vergrößern sich die Abstände zwischen Platten, die auf der anderen Seite der auslenkbaren Masse 7 angeordnet sind, und den Platten des zweiten Haltebalkens. Von den beiden Haltebalken 19 ist jeweils eine Leiterbahn 4 zu einer gemeinsamen Kante des Beschleunigungssensors herausgeführt. Die Leiterbahnen 4 sind aus der dritten Schicht 3 herausstrukturiert und über die zweite Schicht 2 gegen die erste Schicht 1 elektrisch isoliert. Die Leiterbahnen 4 sind über Ausnehmungen gegen andere Bereiche der dritten Schicht 3 elektrisch isoliert. Ebenso ist eine Leiterbahn 4 von der auslenkbaren Masse 7 zu einer Kante des Beschleunigungssensors herausgeführt, die aus der dritten Schicht 3 herausstrukturiert ist und über die zweite Schicht 2 gegen die erste Schicht 1 elektrisch isoliert ist und über Ausnehmungen 10 gegen andere Bereich der dritten Schicht 3 ebenfalls elektrisch isoliert ist. Durch Ausbildung der Ausnehmungen 10 und Verwendung der zweiten Schicht 2 als Isolierschicht, ist es möglich, in der dritten Schicht 3 Leiterbahnen 4 auszubilden, die zur Kontaktierung des Beschleunigungssensors verwendet werden.

Eine weitere Verbesserung der Leitfähigkeit der Leiterbahnen 4 wird dadurch erreicht, daß auf die Leiterbahnen 4 eine leitende Schicht 24 aufgebracht wird. Als leitende Schicht wird z. B. ein Metall wie Aluminium verwendet. Dadurch, daß bei Auslenkung der auslenkbaren Masse 7 die Abstände von Platten der auslenkbaren Masse 7 zu Platten eines Haltebalkens verkleinert und zu Platten des anderen Haltebalkens vergrößert werden, werden zwei Meßsignale erhalten. Die zwei Meßsignale werden ausgewertet und aufgrund der Änderung der Kapazitäten zwischen den Platten der auslenkbaren Masse 7 und den Platten der Haltebalken 19 wird die Auslenkung der auslenkbaren Masse 7 und somit die einwirkende Kraft errechnet. Die Leiterbahnen 4 werden zu Anschlußpunkten 20 geführt. An den Anschlußpunkten 20 werden die Meßsignale des Beschleunigungssensors abgegriffen.

Aus der DE 44 19 844 ist ein Beschleunigungssensor bekannt, bei dem jede bewegliche Platte zwischen zwei feststehenden Platten angeordnet ist. Derartige Sensoren lassen sich nur realisieren, wenn Leiterbahnüberkreuzungen möglich sind. Derartige Leiterbahnüberkreuzungen sind mit einem großen Aufwand bei der Herstellung der Sensoren verbunden. Bei dem vorlie-

genden Sensor werden keinerlei Leiterbahnüberkreuzungen benötigt, da jeder beweglichen Platte, die an der auslenkbaren Masse 7 aufgehängt ist, nur eine feststehende Platte zugeordnet ist. Die Isolation der einzelnen Bereiche gegeneinander erfolgt ausschließlich durch das Einätzen von Gräben in der oberen Schicht 3. Die Isolation gegenüber der unteren Schicht 1 ist durch die dielektrische Zwischenschicht 2 gewährleistet. Derartige Sensoren lassen sich besonders einfach herstellen.

Fig. 2 zeigt einen Drehratensensor, der einen Rahmen 8 aufweist, in dem über Stege 9 eine Schwingmasse 5 wird schwingbar angeordnet ist. Die Schwingmasse 5 wird über Antriebsmittel 21 zu einer linearen Schwingung angeregt. Als Antriebsmittel werden z. B. elektrische, magnetische oder piezoelektrische Antriebe verwendet. Geeignete Antriebsmittel sind beispielsweise aus der EP 53 93 93 bekannt. Auf der Schwingmasse 5 ist ein Beschleunigungssensor 6 entsprechend der Fig. 1 aufgebracht. Der Beschleunigungssensor 6 ist in der Nachweiszrichtung senkrecht zur Schwingrichtung der Schwingmasse 5 angeordnet. Die Leiterbahnen 4, die von den Haltebalken und der auslenkbaren Masse 7 ausgehen, werden über die Stege 9 zum Rahmen 8 geführt. Der Sensor ist entsprechend dem Beschleunigungssensor aus einer ersten, einer zweiten und einer dritten Schicht aufgebaut. Die Leiterbahnen 4 sind aus der dritten Schicht 3 herausstrukturiert. Die Leiterbahnen 4 sind im Rahmen 8 durch Ausnehmungen 10 von der dritten Schicht 3 des Rahmens 8 elektrisch isoliert. Zudem sind die Leiterbahnen 4 über die zweite Schicht 2 des Rahmens 8 von der ersten Schicht 1 des Rahmens 8 elektrisch isoliert. Die Darstellung des Beschleunigungssensors ist hier schematisch dargestellt, da der Schichtaufbau bereits in Fig. 1 des Beschleunigungssensors ausführlich erläutert wurde.

Die Stege 9 sind sowohl aus der oberen Schicht 3, wie auch aus der unteren Schicht 1 herausstrukturiert. Dies wird in den nachfolgenden Fig. 3 und 4 noch klarer erläutert. Die auf dem Rand 8 angeordneten Leiterbahnen 4 gehen unmittelbar in die Stege 9 über, so daß über die Stege 9 eine elektrische Kontaktierung des auf der Schwingmasse 5 angeordneten Beschleunigungssensors erreicht wird. Auf der Schwingmasse 5 sind in dem Bereich, in dem die Stege 9 mindestens ebenfalls Isolationsgräben 10 in der oberen Schicht 3 vorgesehen, so daß auch hier eine elektrische Isolation der Signale sichergestellt wird, die über die Stege 9 auf oder der Schwingmasse 5 geleitet werden.

Auf diese Weise ist es möglich, einen Drehratensensor auszubilden, ohne eine aufwendige elektrische Kontaktierung des Beschleunigungssensors vornehmen zu müssen. Dadurch, daß die Leiterbahnen 4 bis in den Rahmen 8 elektrisch isoliert herausgeführt sind, kann eine einfache elektrische Kontaktierung der Leiterbahnen 4 im Rahmen 8 erfolgen. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß der Drehratensensor in einem Verfahren mit dem Beschleunigungssensor aus einem Dreischichtsystem, vorzugsweise einer Silicon-on-Isolator-Schicht, herausstrukturiert wird.

Fig. 3 zeigt Schritte eines Verfahrens zur Herstellung eines Beschleunigungssensors bzw. eines Drehratensensors. In Fig. 3 ist ein Dreischichtsystem, bestehend aus einer ersten Schicht 1, auf der eine zweite Schicht 2 aufgebracht ist, dargestellt. Auf der zweiten Schicht 2 ist eine dritte Schicht 3 angeordnet. Die erste Schicht 1 besteht aus Silizium, die zweite Schicht 2 besteht aus Siliziumoxid und die dritte Schicht 3 besteht wiederum aus Silizium. Es können jedoch auch andere Dreischicht-

systeme verwendet werden, die selektiv abgetragen werden können wie z. B. SiO_2 , Si_3N_4 , Al_2O_3 Polyimid, Teflon und Si-Karbid. Als Ausgangsmaterial wird z. B. ein Silicon-on-Isolator (SOI)-Wafer verwendet, wobei die dritte Schicht 3 aus $p+$ oder $n+$ dotiertem Silizium besteht und eine Dicke von ca. 15 μm aufweist. Die zweite Schicht 2 besteht aus Siliziumoxid und weist eine Dicke im μm -Bereich auf. Die erste Schicht 1 wird von einem Siliziumwafer dargestellt. Ebenso können auch Epi-Poly-Wafer verwendet werden, deren Herstellung und Verwendung für Sensoren bereits in der DE 43 18 466 beschrieben ist. Für die dritte Schicht 3 wird eine stark p - oder n -dotierte Siliziumschicht verwendet, die auf einer einige µm dicken Siliziumoxid-schicht als zweite Schicht 2 aufgebracht ist. Die Epi-Poly-Siliziumschicht ist ungefähr 12 μm dick.

Auf dem SOI-Wafer oder Epi-Poly-Wafer wird auf die Rückseite, d. h. auf der ersten Schicht 1 eine erste Abdeckschicht 11 in Form von Siliziumoxid und eine zweite Abdeckschicht 12 in Form von Plasmanitrid aufgebracht. Anschließend wird auf die dritte Schicht 3 in den Bereichen der Leiterbahnen Aluminium aufgedampft bzw. aufgesputtert. Das aufgebrachte Aluminium wird mit Hilfe fotolithographischer Schritte und Ätzverfahren in der Form der Leiterbahnen 4 als leitende Schicht 24 strukturiert.

Anschließend wird auf die zweite Abdeckschicht 12 ein Fotolack aufgebracht, der in einem vorgegebenen Bereich, in dem die Schwingmasse 5 aufgebaut wird, entfernt wird. Daraufhin werden die zweite und erste Abdeckschicht 12, 11 der Schwingmasse abgeätzt. Dies ist in Fig. 3.2 dargestellt.

Daraufhin wird auf die dritte Schicht 3 Fotolack 30 aufgebracht und entsprechend einer Kammstruktur eines Beschleunigungssensors strukturiert. Anschließend wird in die dritte Schicht 3 die Kammstruktur des Beschleunigungssensors eingesetzt. Dabei wird ein anisotropes Siliziumtiefenverfahren verwendet, das in der Patentschrift DE 41 045 beschrieben ist. Auf diese Weise werden Kammstrukturen erzeugt, die ein großes Aspektverhältnis aufweisen. Daraufhin wird die erste Schicht 1 mittels KOH-Ätzverfahren auf eine Restdicke von ungefähr 100 μm abgeätzt. Dies ist in Fig. 3.3 dargestellt.

Daraufhin wird die zweite Schicht 2, die aus Siliziumoxid gebildet ist und unter der Kammstruktur 13 des Beschleunigungssensors als Oxideroxid verwendet wird, geätzt. Auf diese Weise wird eine Kammstruktur 13 erhalten, die auslenkbar auf der zweiten Schicht 2 befestigt ist. Diese Kammstrukturen repräsentieren den Beschleunigungssensor nach der Fig. 1. In der Fig. 3 ist jedoch die eigentliche Struktur des Beschleunigungssensors nur angedeutet, um die Übersichtlichkeit der Darstellung zu erleichtern. Für die weitere Bearbeitung wird die zweite Schicht 2 unterhalb der Kammstrukturen 13 entfernt. Es werden so bewegliche Strukturen geschaffen, die für den Beschleunigungssensor geeignet sind. Aufgrund der großen lateralen Abmessungen wird jedoch die zweite Schicht 2 nicht unterhalb von anderen Bereichen der oberen Schicht 3 entfernt. In einem weiteren Schritt wird dann die Fotolacksschicht 30 entfernt und eine neue Fotolacksschicht 30 aufgebracht und strukturiert. Die Struktur in dieser neuen Fotolacksschicht wird dazu genutzt, Gräben einzutragen, die sowohl durch die obere Schicht 3, die zweite Schicht 2 und die erste Schicht 1 hindurchreichen. Diese eingesetzten Gräben können somit genutzt werden, um Stege 9 und eine Schwingmasse 5 aus dem mehrschichtigen Substrat

herauszulösen. Dies wird in der Fig. 3.4 dargestellt. Durch die eingebrachten Gräben 10 werden die Abmessungen der Schwingmasse 5 definiert. Auf der Schwingmasse 5 sind die Kammstrukturen 13 des Beschleunigungssensors aufgebracht. Weiterhin ist ein Steg 9 gezeigt, dessen geometrischen Abmessungen ebenfalls durch die Gräben 10 definiert sind. Das Einätzen der Gräben 10 erfolgt in einem mehrstufigen Prozeß. Zunächst wird beispielsweise in einem Fluorplasma die obere Schicht 3 strukturiert. In einem weiteren Ätzschritt, beispielsweise in einem chlorhaltigen Plasma wird die zweite Schicht 2 strukturiert. In einem weiteren Ätzschritt erfolgt, beispielsweise wiederum in einem Fluorplasma, die Strukturierung der ersten Schicht 1. Anschließend wird die Fotolackschicht, die als Atzmaske für diesen Prozeß dient, wieder entfernt.

In der Fig. 3.4 wird eine vereinfachte Darstellung gezeigt, die keinen Querschnitt durch einen realen Drehratensensor darstellt. Da jedoch alle Elemente eines Drehratensensors nach der Fig. 2 gezeigt werden, wie Stege 9, ein Schwingelement 5, Kammstrukturen für einen Beschleunigungssensor 13, ist offensichtlich, daß sich mit der dargestellten Abfolge von Prozeßschritten Drehratensensoren nach der Fig. 2 herstellen lassen. Im Randbereich sind Leiterbahnen 4 dargestellt, die nur aus der oberen Siliziumschicht 3 herausstrukturiert sind. Diese können beispielsweise im gleichen Prozeßschritt wie die Kammstrukturen 13 hergestellt werden. Es muß dann jedoch durch große laterale Abmessungen der Leiterbahnen 4 sichergestellt werden, daß keine Unterstützung der unterhalb der Leiterbahnen 4 gelegenen zweiten Schicht 2 erfolgt. Alternativ ist es auch möglich, nach der Erzeugung der Kammstrukturen 13 eine weitere Fotolackschicht aufzubringen und zu strukturieren, die dann ausschließlich für die Erzeugung der Leiterbahnenstrukturen 4 genutzt wird. Dies vergrößert jedoch den Aufwand zur Herstellung der Sensoren. Die zur Fig. 3.3 beschriebene Rückseitenätzung der Schicht 1 dient dazu, im Bereich des Schwingers 5 bzw. der Steige 9 eine Abdünnung der unteren Siliziumschicht 1 zu erreichen. Durch diese Maßnahme wird die Ätzzeit, die zur vollständigen Durchätzung der Gräben 10 durch die Schicht 1 benötigt wird, verringert.

Fig. 3.5 zeigt einen Querschnitt A-A durch den Rahmen 8 in Bereich der Anschlüsse 20. Dabei ist deutlich die elektrische Isolation der Anschlüsse 20 über die Ausnehmungen 10 von der dritten Schicht 3 des Rahmens 8 zu erkennen.

Anhand der Fig. 3.6 wird eine Herstellungsvariante zur Herstellung eines Beschleunigungssensors erläutert. Dabei entfallen alle Strukturierungsstufen der Schicht 1. Anstelle von dem Aufbau nach Fig. 3.2 wird, wie bereits zur Fig. 3.3 beschrieben, eine Fotolacksschicht 30 auf der Oberfläche aufgebracht und durch eine Fotomaske strukturiert. Es erfolgt dann ein Ätzschritt, beispielsweise durch einen Fluorplasmaätzprozeß, mit dem Gräben 10 in die obere Siliziumschicht 3 eingebracht werden. Diese Gräben reichen bis zur zweiten Schicht 2. In einem nachfolgenden Ätzschritt wird die aus Siliziumoxid bestehende zweite Schicht 2 geätzt. Dies kann beispielsweise in einer wäßrigen Flußsäurelösung oder in einem flüssigkeitsähnlichen Gas erfolgen. Durch diesen Ätzschritt wird die zweite Schicht unterhalb der feinen eingesetzten Gräbenstrukturen für die Kammstrukturen 13 vollständig entfernt. Die Strukturen für die Leiterbahnen 4, die eine vergleichsweise große laterale Ausdehnung aufweisen, bleiben jedoch durch die Schicht 2 mechanisch fest mit der ersten Schicht 1 verbunden. Da

bei diesem Ätzschritt die Fotomaske 30 auf der Oberfläche verbleiben kann, sind beispielsweise auch die Metallisierungsstrukturen 24 vor dem Angriff des Ätzmediums geschützt, so daß diese auch aus Aluminium bestehen können. Dieser Prozeß zur Herstellung von Beschleunigungssensoren zeichnet sich vor allem durch die wenigen verwendeten Prozeßschritte aus. Es können so sehr kostengünstig Beschleunigungssensoren hergestellt werden.

Fig. 4 zeigt ein weiteres Verfahren zur Herstellung eines Beschleunigungssensors bzw. eines Drehratesensors. Dabei wird ein Dreischichtsystem verwendet, das aus einer ersten Schicht 1, einer zweiten Schicht 2 und einer dritten Schicht 3 besteht. Die erste Schicht 1 besteht aus Silizium, die zweite Schicht 2 aus Siliziumoxid und die dritte Schicht 3 aus stark p- oder n-dotiertem Silizium. Das beschriebene Dreischichtsystem stellt eine Silizium auf Isolator-Struktur dar. Auf die dritte Schicht 3 werden vorzugsweise in den Bereichen der Leiterbahnen 4 Metalleiterbahnen 24 aufgebracht. Dies erfolgt durch Spittern bzw. Aufdampfen und abschließendem Strukturieren. Anschließend wird auf die Metalleiterbahnen 24 und die dritte Schicht 3 eine dritte Abdichtschicht 14 aus Siliziumoxid aufgebracht. Auf die erste Schicht 1 wird eine erste Abdichtschicht 11 und eine zweite Abdichtschicht 12 aufgebracht. Die erste Abdichtschicht 11 besteht aus Siliziumoxid und die zweite Abdichtschicht 12 besteht aus Plasmanitrid. Anschließend wird die dritte Abdichtschicht 14 entsprechend der Kammstruktur 13 des Beschleunigungssensors, der Form der Leiterbahnen 4 und der Stege 9 strukturiert. Auf die strukturierte dritte Abdichtschicht 14 wird eine vierte Abdichtschicht 16 in Form einer Fotolackes aufgebracht. Die vierte Abdichtschicht 16 wird in der Form der Stege 9 entfernt. Dies ist in Fig. 4.3 dargestellt. Daraufhin wird die erste Schicht 1 innerhalb des Rahmens 8 auf eine vorgegebene Dicke von 100 µm abgeätzt und mit einer Passivierungsschicht 17 abgedeckt. Dies ist in Fig. 4.4 dargestellt. Anschließend werden in einem Ätzprozeß Gräben eingebracht. Da für diese Gräben die strukturierte vierte Abdichtschicht 16 als Ätzmaske dient, wird zunächst nur die geometrische Form der Stege 9 eingeätzt. Diese Gräben werden solange eingeätzt, bis die Schicht 3 und 2 vollständig durchdrungen sind und ein Teil der Schicht 1 ebenfalls durchgeätzt ist. Die Einätzung wird solange in die Schicht 1 eingetrieben, bis die verbleibenden Reststücke in etwa der Dicke der Schicht 3 entsprechen. Dies ist in der Fig. 4.5 dargestellt. Anschließend wird die vierte Abdichtschicht 16 entfernt und der Ätzprozeß wird fortgesetzt. Diesmal wirkt die strukturierte dritte Abdichtschicht 14 als Ätzmaske, die die Strukturen für die Stege 9, Kammstrukturen 13 und Leiterbahnen 4 enthält. Dabei wird ein Ätzprozeß verwendet, der nur die Siliziummaterialien der Schichten 3 und 1 ätzt, jedoch nicht die Schicht 2 oder 17. Die Ätzung wird dann solange fortgesetzt, bis die Gräben für die Stege 9, die Passivierungsschicht 17 und die Gräben für die Kammstrukturen 13 bzw. die Leiterbahnen 4, die zweite Schicht 2 erreichen. Anschließend wird die zweite Schicht 2 unter der Kammstruktur 13 abgeätzt. Dabei werden gleichzeitig aus der zweiten Schicht 2 die Stege 9 herausgeätzt. Die Stege 9 sind jedoch so breit ausgebildet, daß die Stege 9 fest über eine zweite Schicht 2 mit der ersten Schicht 1 verbunden sind. Anschließend wird die Passivierungsschicht 23 abgeätzt. Auf diese Weise wird ein Drehratesensor entsprechend der Fig. 2 erhalten. Dies ist schematisch in Fig. 4.7 dargestellt. Soll nach dem beschriebenen Ver-

fahren ein Beschleunigungssensor hergestellt werden, so entfällt die Herausstrukturierung der Stege 9 und die gesamte Bearbeitung der ersten Schicht 1. Ansonsten wird entsprechend den beschriebenen Verfahren der 5. Fig. 4 vorgegangen.

In der Fig. 5 wird ein weiteres Herstellungsverfahren für einen Drehratesensor beschrieben. Dieses Verfahren geht aus von einem Siliziumsubstrat 1, auf dem eine ätzbare Schicht 2, beispielsweise Siliziumoxid aufgebracht wird. Fakultativ kann auf der Schicht 2 noch eine Polysiliziumstartschicht 40 aufgebracht werden. Es erfolgt dann eine Strukturierung dieser zweiten Schicht 2 und der ggf. darauf aufgebrachten Polysiliziumstartschicht 40. Durch Abscheiden wird dann eine weitere 15 Siliziumschicht 3 erzeugt. Diese weitere Siliziumschicht 30 kann, wie in der DE 43 18 466 beschrieben wird, in einem Epitaxiereaktor abgeschieden werden. In den Bereichen, in denen die Schicht 3 unmittelbar unmittelbar auf dem Siliziumsubstrat 1 zu liegen kommt, wächst die 20 Siliziumschicht 3 als einkristalline Siliziumschicht auf. In den anderen Bereichen wirkt die Polysiliziumstartschicht 40 als Startschicht für das Aufwachsen einer polikristallinen Siliziumschicht. Der so geschaffene Schichtaufbau wird in der Fig. 5.2 gezeigt. Durch Aufbringen von Ätzmaskierungen und Ätzschritten werden 25 dann Grabenstrukturen in die obere Siliziumschicht 3 und die Polysiliziumstartschicht eingebracht, die bis zur zweiten Schicht 2 reichen. Diese bilden dann wieder Kammstrukturen 13 für einen Beschleunigungssensor. Weiterhin wird ausgehend von der Rückseite einer Ausnehmung eingeätzt, um die Dicke der ersten Siliziumschicht 1 zu verringern. Die so gebildete Struktur ist in der Fig. 5.3 dargestellt. In der Fig. 5.4 wird dann gezeigt, wie Grabenstrukturen 10 eingebracht werden, die durch die obere Schicht 3, die Polysiliziumschicht 40, die zweite Schicht 2 und die erste Schicht 1 reichen. Es wird so ein Schwingers 5 und ein Steg 9 gebildet. Für diesen Ätzprozeß wird ein Ätzprozeß verwendet, der im wesentlichen nur Silizium ätzt. Es wird somit die obere 30 Schicht 3 und die untere Schicht 1 geätzt. Da die Maskierung für diese Grabenstrukturen 10 so gewählt ist, daß sie über den bereits erfolgten Strukturen der zweiten Schicht 2 liegen, kann mit einem derartigen Ätzprozeß das gesamte Substrat durchgeätzt werden. Dabei werden jedoch nur die Abmessungen der oberen Schicht 3 von der Ätzmaske kontrolliert. Die geometrischen Abmessungen in der unteren Schicht 1 werden von den bereits in der Schicht 2 eingebrachten Strukturen bestimmt. Dies liegt daran, daß die strukturierte Schicht 2 als Ätzmaske für die Ätzung der untenliegenden Schicht 1 dient. Dies kann auch dazu genutzt werden, Justierfehler der Ätzmaske relativ zu den Strukturen in der Schicht 2 zu kompensieren. Dazu werden die geometrischen Abmessungen der Ätzmaske für die Gräben 10 etwas größer gewählt als die Strukturen in der Schicht 2. Wesentlich ist bei diesem Prozeß, daß die Genauigkeit der Strukturierung der ersten Schicht 1 im wesentlichen von der Genauigkeit der Strukturierung der Schicht 2, wie dies in Fig. 5.1 gezeigt wird, abhängt. Die in Fig. 5.1 gezeigte Strukturierung der Schicht 2 kann mit besonderer hoher Präzision erfolgen, so daß auch die geometrischen Abmessungen des Schwingers 5 bzw. des Stegs 9, soweit es die erste Schicht 1 angeht, sehr präzise ist. Da die Dicke der oberen Schicht 3 in Größenordnung von 10 µm und der unteren Schicht 1 in der Größenordnung von 50 µm liegt, werden die wesentlichen geometrischen Abmessungen des Schwingers 5 und der Stege 9 somit mit besonders großer

Präzision erzeugt. Weiterhin ist vorteilhaft, daß durch die Vorstrukturierung der Schicht 2 das Ätzverfahren der Gräben 10 in einem einzigen Prozeßschritt durchgeführt werden kann. Auch dadurch wird die Herstellung der Strukturen vereinfacht.

Die in der Beschreibung zu den Fig. 5.3 und 5.4 beschriebenen Ätzungen erfolgt entweder durch die Verwendung mehrerer Fotolackmasken, wie dies zu Fig. 3 bereits beschrieben wurde, oder durch die Verwendung mehrerer übereinander angeordneter Maskierungen, wie dies zu Fig. 4 bereits beschrieben wurde.

Zur Fig. 5.1 wurde ausgeführt, daß die ebenfalls abgeschiedene Poly Siliziumstearatschicht 40 ebenfalls strukturiert wird. In diesem Fall weist die obere Siliziumschicht 3 einkristalline Siliziumbereiche auf. Alternativ ist es auch möglich, die Poly Siliziumstearatschicht 40 erst aufzubringen, nachdem die Strukturierung der zweiten Schicht 2 bereits erfolgt ist. In diesem Fall weicht die obere Siliziumschicht 3 vollständig als einkristallines Siliziumschicht auf.

Ausgehend von im Fig. 5.4 gezeigten Bearbeitungs-stand erfolgt dann noch eine Ätzung der zweiten Schicht 2, um die Kammsstrukturen 13 zu unterteilen.

In der Fig. 6 wird ein weiteres Herstellungsverfahren für einen Drehratensensor gezeigt. Dieses geht aus von einem Substrat, wie es in der Fig. 5.1 gezeigt wird. Es wird dann eine Ätzmaskierung 41 aufgebracht, die beispielsweise aus Siliziumoxid bestehen kann. Es sind jedoch auch andere Ätzmasken, beispielsweise aus Fotolack, vorstellbar. Die Ätzmaske 41 weist Strukturen 42 auf, die vollständig bis zur Siliziumschicht 3 reichen. Weiterhin sind Gräben 43 vorgesehen, die nicht vollständig bis zur Schicht 3 reichen. Die Strukturen 42 sind vorgesehen an den Stellen, an denen eine komplette Ätzung durch das Substrat hindurch bis auf die Rückseite erfolgen soll. Die Strukturen 43 sind dort vorgesehen, wo nur eine Ätzung der oberen Siliziumschicht 3 erfolgen soll. Durch Ätzung des Substrats nach der Fig. 6.1 wird dann der Drehratensensor, wie er in der Fig. 5.4 dargestellt ist, geschaffen. Die Fig. 6.2 stellt einen Zwischenabschnitt dieses Ätzverfahrens dar. Es wird ein Ätzverfahren verwendet, welches auch einen Abtrag der Maskierschicht 41 verursacht. Alternativ ist es auch möglich, Zwischenabschritte zu verwenden, in denen ein Abtrag der Maskierschicht 41 erfolgt. Dadurch, daß bestimmte Bereiche der Siliziumoberfläche von Anfang an freilegen werden, werden diese Bereiche schneller geätzt, als die Bereiche, die erst im Verlauf des Ätzprozesses freigelegt werden. Dies wird in der Fig. 6.2 dargestellt. Die Gräben 10, die den Strukturen 42 der Ätzmaskierung entsprechen, sind in diesem Zwischenabschnitt der Ätzung bereits vollständig durch die obere Siliziumschicht 3 hindurch und ein Stück weit in die erste Siliziumschicht 1 eingerieben. Die Kammsstrukturen 13, die den Strukturen 43 in der Ätzmaskierung 41 entsprechen, sind jedoch nur ein kleines Stück weit in die obere Siliziumschicht 3 eingetrieben. Bei einer Fortsetzung des Ätzprozesses entsteht dann die Struktur, wie sie in der Fig. 5.4 gezeigt wird.

Die Herstellung der Ätzmaskierschicht 41 kann beispielweise durch ein zweistufiges Verfahren zur Herstellung einer Ätzmaskierschicht aus Siliziumoxid erfolgen. Dazu wird zunächst ganzflächig eine Siliziumschicht abgeschieden. Durch Bearbeitung mit einer ersten Fotolackmaske werden dann die Strukturen 43 eingetzt. Danach wird eine zweite Fotolackmaske aufgebracht und die Strukturen 42 werden eingetzt. Nach dem Entfernen der Fotolackmasken steht dann die in

Fig. 6.1 gezeigte zweistufige Ätzschicht zur Verfügung.

Vorteilhaft ist an diesem Verfahren, daß nach der Erzeugung der Ätzmaske 41 keine weiteren Fotolackprozesse auf der Oberseite erforderlich sind. Da derartige Fotolackprozesse immer mit einer gewissen Gefahr verbunden sind, wird so die Prozeßsicherheit verbessert.

Patentansprüche

1. Beschleunigungssensor (6) mit drei Schichten (1, 2, 3), wobei eine erste Schicht (1) als Trägerplatte ausgebildet ist, auf der eine zweite, isolierende Schicht (2) aufgebracht ist, und auf der zweiten Schicht (2) eine dritte Schicht (3) aufgebracht ist, aus der eine auslenkbare Masse (7) herausstrukturiert ist, die aufgrund einer einwirkenden Kraft oder einwirkender Beschleunigung auslenkt ist, dadurch gekennzeichnet, daß aus der dritten Schicht (3) Leiterbahnen (4) herausstrukturiert sind, die zu Anschlußpunkten (20) geführt sind, daß die Leiterbahnen (4) gegen die erste Schicht (1) durch die zweite Schicht (2) und durch Ausnehmungen (10) gegen die dritte Schicht (3) elektrisch isoliert sind.
2. Beschleunigungssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als erste, zweite und dritte Schicht (1, 2, 3) eine Silizium- auf-Isolator-Schichtstruktur ausgebildet ist.
3. Beschleunigungssensor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß als auslenkbare Masse (7) eine Kammsstruktur (13) ausgebildet ist, die parallel zur Oberfläche der dritten Schicht (3) auslenkt ist.
4. Beschleunigungssensor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Kammsstruktur (13) aus einem ersten Längsträger aufgebaut ist, daß senkrecht zur Richtung des Trägers erste Platten angeordnet sind, daß die ersten Platten senkrecht zur Ausrichtung des Trägers angeordnet sind, daß auf jeder Seite des ersten Trägers ein zweiter Träger (19) angeordnet ist, daß die zweiten Träger (19) parallel zum ersten Träger ausgerichtet sind, daß die zweiten Träger (19) Platten aufweisen, die senkrecht zu den zweiten Trägern (19) und in Richtung zum ersten Träger ausgerichtet sind, daß die zweiten Platten parallel zu den ersten Platten angeordnet sind, daß die zweiten Platten eines zweiten Trägers und die zweiten Platten des weiteren zweiten Trägers in bezug auf die ersten Platten so angeordnet sind, daß bei Auslenkung der auslenkbaren Masse (7) sich die Abstände zwischen den ersten Platten und den zweiten Platten des einen zweiten Trägers (19) vergrößern und gleichzeitig die Abstände zwischen den ersten Platten und den zweiten Platten des weiteren zweiten Trägers (19) verkleinern, daß die zwei zweiten Träger (19) getrennt voneinander mit einer Signalleitung verbunden sind, daß die auslenkbare Masse ebenfalls mit einer Signalleitung verbunden ist und daß durch kapazitive Messung zwei Messsignale ermittelbar sind.
5. Beschleunigungssensor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß auf den Leiterbahnen (4) leitende Schichten (24) aufgebracht sind.
6. Beschleunigungssensor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Beschleunigungssensor (6) auf einem Schwingungssystem

(5) eines Drehratensensors aufgebaut ist.

7. Beschleunigungssensor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Drehratensensor aus der ersten, der zweiten und der dritten Schicht (1, 2, 3) aufgebaut ist und daß die Leiterbahnen (4) in der dritten Schicht (3) bis in einen Rahmen (8) des Drehratensensors geführt sind, daß die Leiterbahnen (4) gegen die erste Schicht (1) durch die zweite Schicht (3) und gegenüber der dritten Schicht (3) über Ausnehmungen (10) elektrisch isoliert sind.

8. Verfahren zur Herstellung eines Beschleunigungssensors, der eine erste Schicht (1) aufweist, auf der eine zweite, isolierende Schicht (2) aufgebracht ist, wobei auf der zweiten Schicht (2) eine dritte Schicht (3) angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß eine erste Strukturschicht (14, 30) auf die dritte Schicht (3) aufgebracht wird, daß die erste Strukturschicht in Form der Beschleunigungssensoren und der Leiterbahnen (4) strukturiert wird, daß aus der dritten Schicht (3) der Beschleunigungssensor (6) und die Leiterbahnen (4) herausstrukturiert werden, und daß anschließend die zweite Schicht (2) unter einer auslenkbaren Masse (7) des Beschleunigungssensors (6) entfernt wird, und daß abschließend die erste Strukturschicht (14, 30) entfernt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß leitende Schichten (24) auf die Leiterbahnen (4) aufgebracht werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß eine zweite Strukturschicht (16) auf die dritte Schicht aufgebracht wird, daß die zweite Strukturschicht (16) in Form einer Schwingstruktur eines Drehratensensors strukturiert wird, daß aus der dritten, der zweiten und der ersten Schicht (3, 2, 1) die Schwingstruktur herausstrukturiert wird, daß anschließend die zweite Strukturschicht (16) entfernt wird, und daß bei der Strukturierung die Leiterbahnen (4) bis in einen Rahmen eines Drehratensensors geführt sind.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß auf der ersten Schicht (1) eine Passivierungsschicht (11, 12) aufgebracht wird, daß die Passivierungsschicht (11, 12) im Bereich der Schwingstruktur entfernt wird und daß die erste Schicht (1) im Bereich der Schwingstruktur bis auf eine vorgegebene Dicke abgetragen wird.

12. Verfahren zur Herstellung eines Drehratensensors, der aus einer ersten Schicht (1) aufgebaut ist, so auf der zweiten, isolierende Schicht (2) angeordnet ist, wobei auf der zweiten Schicht (2) eine dritte, leitende Schicht (3) aufgebracht ist, dadurch gekennzeichnet, daß eine dritte Abdeckschicht (14) auf die dritte Schicht (3) aufgebracht wird, daß die dritte Abdeckschicht (14) in Form eines Schwingssystems (5) eines Drehratensensors und in Form einer Kammmstruktur (13) eines Beschleunigungssensors (6) und in Form von Leiterbahnen (4) strukturiert wird, daß auf die dritte, strukturierte Abdeckung (14) eine vierte Abdeckschicht (16) aufgebracht wird, daß die vierte Abdeckschicht (16) in Form der Schwingstruktur des Drehratensensors strukturiert wird, daß anschließend aus der dritten Schicht (3) und aus der zweiten Schicht (2) die Schwingstruktur herausstrukturiert wird, daß daraufhin die vierte Abdeckschicht (16) entfernt wird, daß aus der dritten Schicht (3) die Struktur des

Beschleunigungssensors (6) und der Leiterbahnen (4) herausstrukturiert wird, daß die zweite Schicht (2) unter einer auslenkbaren Masse (7) des Beschleunigungssensors (6) entfernt wird, daß aus der zweiten Schicht (2) die Struktur der Leiterbahnen (4) herausstrukturiert wird, daß aus der dritten Schicht (3) die Schwingstruktur des Drehratensensors herausstrukturiert wird und daß abschließend die dritte Abdeckschicht entfernt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß auf der dritten Schicht (3) vor Aufbringung der dritten Abdeckschicht (14) leitende Schichten (24) entsprechend der Struktur der Leiterbahnen (4) aufgebracht werden.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß auf die erste Schicht (1) eine Abdeckschicht aufgebracht wird, daß die Abdeckschicht im Bereich der Schwingstruktur des Drehratensensors entfernt wird, daß die erste Schicht (1) bis auf eine vorgegebene Dicke abgetragen wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß auf die erste Schicht (1) eine Passivierungsschicht (17) aufgebracht wird.

16. Verfahren zur Herstellung eines Drehratensensors, der aus einer ersten Siliziumschicht (1), einer isolierenden Schicht (2) und einer dritten Siliziumschicht (3) aufgebaut ist, wobei die isolierende Schicht (2) zwischen der ersten Schicht (1) und der dritten Schicht (3) angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß ausgehend von der ersten Schicht (1) die Schicht (2) aufgebracht und strukturiert wird, daß in einem Epitaxierektor die dritte Schicht (3) abgeschieden wird, daß dann Ätzmasken aufgebracht werden, durch die Strukturen in die dritte Schicht (3) und die erste Schicht (1) eingeätzt werden, und daß beim Ätzen der ersten Schicht (1) die Strukturen der zweiten Schicht (2) als Ätzmaske dienen.

17. Verfahren zur Herstellung einem Drehratensensors, der aus einer ersten Siliziumschicht (1), einer isolierenden Schicht (2) und einer dritten Siliziumschicht (3) aufgebaut ist, wobei die isolierende Schicht (2) zwischen der ersten Schicht (1) und der dritten Schicht (3) angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Oberseite des Substrates eine strukturierte Ätzmaskierschicht (41) aufgebracht wird, daß die Ätzmaskierschicht (41) Gräben (42) aufweist, die vollständig bis zur Siliziumschicht (3) reichen und weitere Gräben (43) aufweist, die nicht bis zur oberen Siliziumschicht (3) reichen und daß durch die Gräben (42) hindurch die obere und untere Siliziumschicht (3, 1) gelöst wird und daß bei diesem Ätzverfahren die Maskierschicht (41) abgetragen wird, so daß im Verlauf des Ätzprozesses die weiteren Gräben (43) bis zur oberen Siliziumschicht (3) vorangetrieben werden, und daß im weiteren Verlauf des Ätzprozesses durch die weiteren Gräben (43) hindurch die obere Siliziumschicht (3) gelöst wird.

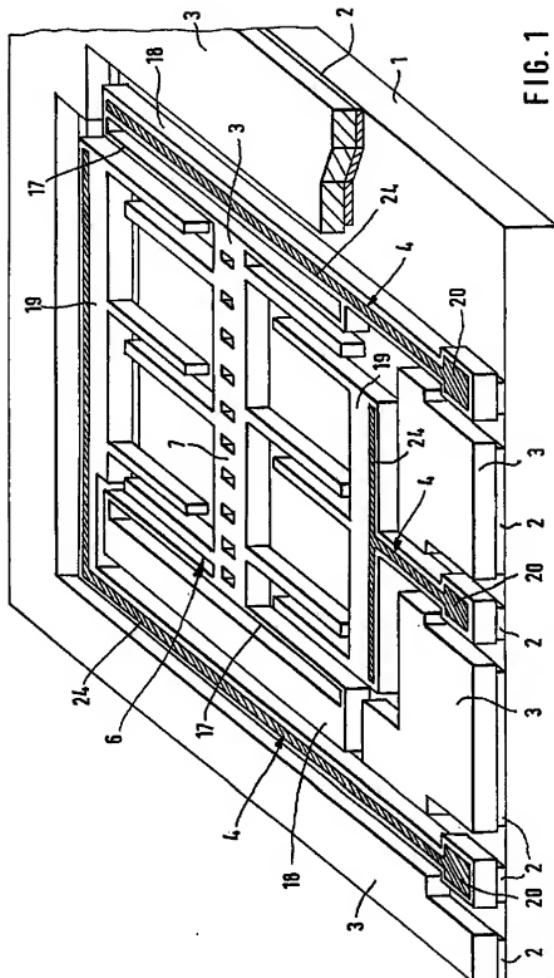
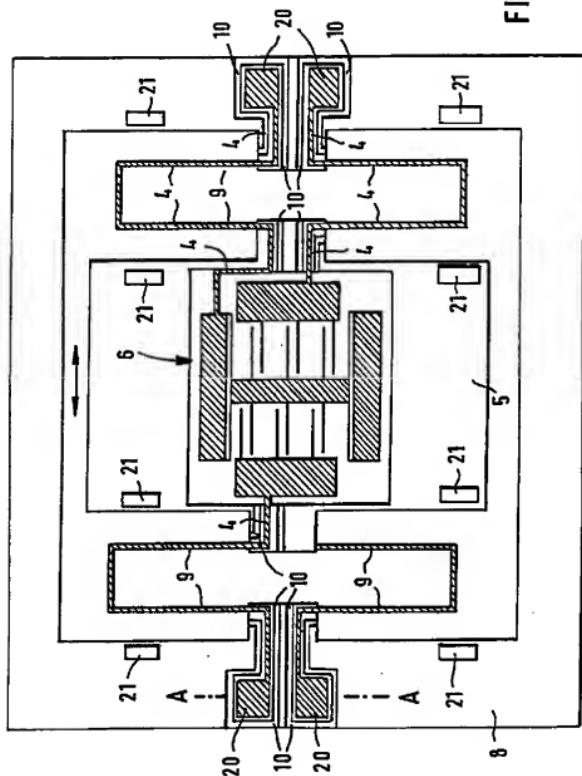
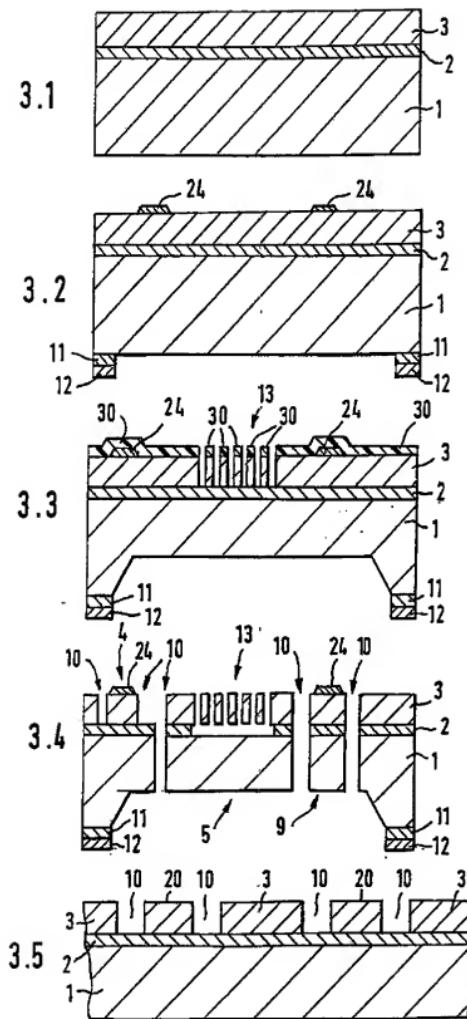
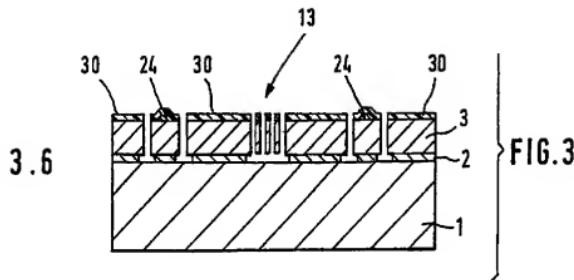


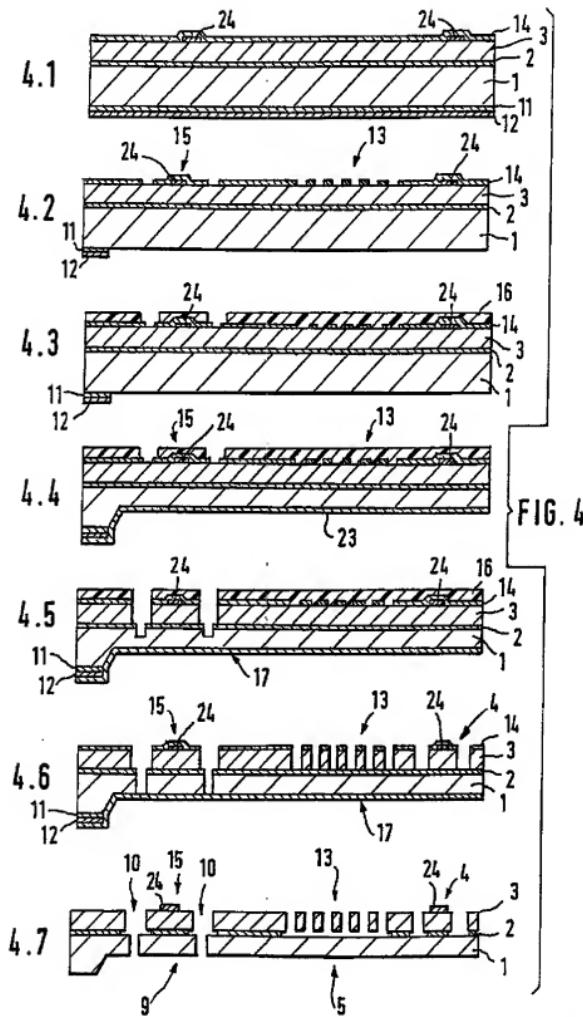
FIG. 1

FIG. 2









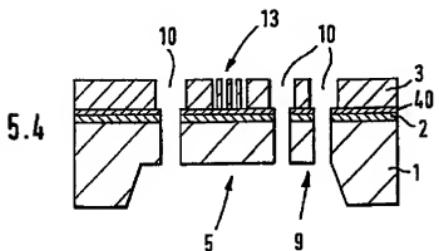
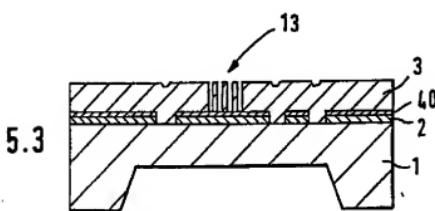
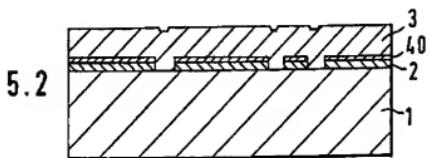
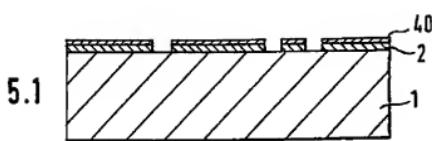


FIG.5

